Journal of Agricultural Economics and Development

Homepage: https://jead.um.ac.ir

Research Article
Vol. 37, No. 3, Fall 2023, p. 325-340

Material and Energy Flow Cost Accounting (MEFCA) of Grape Production in Malayer City

M. Dekamin[1*], K. Kheiralipour[2]

Received: 16-01-2023
Revised: 21-10-2023
Accepted: 25-10-2023
Available Online: 28-10-2023

How to cite this article:
Dekamin, M., & Kheiralipour, K. (2023). Material and energy flow cost accounting (MEFCA) of grape production in Malayer city. *Journal of Agricultural Economics & Development, 37*(3), 325-340.(In Persian with English abstract). https://doi.org/10.22067/jead.2023.80448.1174

Introduction

Grape (*Vitis vinifera* L.) is one of the most important agricultural products in the Mediterranean. Today, grapes are grown in a large area of the world's gardens. The world production of grapes was about 77.8 million tons in 2018, of which 1.3 million tons were converted into raisins. According to the latest data of FAO, Iran has an annual production of 24.45 million tons of grapes in an area of 213 thousand hectares, accounting for 3% of the world's grape production. The average yield per hectare of vineyard is reported to be 15.5 tons. The purpose of this study is to determine hot spots in terms of energy and cost in the production of Malayer grapes with the approach of material and energy flow costing (MEFCA). The primary focus of material and energy flow cost accounting is on waste (waste of energy, materials and potential human capacity).

Materials and Methods

Material flow cost accounting was introduced in the late 1990s in Augsburg, Germany as a tool for green productivity management. This is known as a tool to increase productivity by reducing the use of materials, energy and human resources. Unlike life cycle assessment, which only weighs the environmental impacts of production and does not provide a solution for simultaneously reducing environmental impacts and increasing economic profit, material flow costing is recognized as an efficient tool for managing resources, wastes, and environmental impacts, and has covered the shortcomings of life cycle assessment. Material flow cost accounting helps to discover hidden costs and waste by objectifying the flow of materials in the production process. Based on ISO 14051 material flow analysis occurs in quantitative centers (QCs). In general, each quantitative center divides the production process into several parts. The basis of material flow and energy costing is material flow balance. This means that the inputs must be the same as the outputs. Based on this balance, positive inputs (i.e. consumable inputs) and positive outputs (i.e. product performance) and negative outputs (i.e. wastes and emissions during production) should be equal. The primary focus of material and energy flow costing is on waste (e.g. waste of energy, materials and potential human capacity). Allocation of costs to positive and negative products in each quantitative center is done in the following way:

- Material cost (including raw and industrial materials used in the production process)
- Energy costs (including electricity or buying diesel fuel)
- System costs (including labor costs, transportation costs and system maintenance)
- Waste cost (including waste management costs)

The system boundary included the background processes that the farmer was directly involved in using and managing. Grape data was collected in the crop year of 2020-2021 from Malayer vineyards.

1- Plant Production and Genetics Department, Malayer University, Malayer, Hamadan, Iran
(*- Corresponding Author Email: Dekamin@malayeru.ac.ir)
2- Department of Mechanical Engineering of Biosystems, Faculty of Agriculture, Ilam University, Ilam, Iran
https://doi.org/10.22067/jead.2023.80448.1174

Results and Discussion

Based on the results of the study, the average energy input including renewable, non-renewable, direct and indirect energy for grape production was 42234 MJ ha^{-1}. The negative energy resulting from the wastage of chemical fertilizers, grapes, irrigation water and pesticides was 28650 MJ ha^{-1}. The total positive output energy was calculated as 296180 MJ ha^{-1}. Nitrogen fertilizer with 27% and animal manure with 19% had the largest share in input energy for grape production. In terms of negative energy, grape waste accounted for the largest share with 82% and the Irrigation water wastage was the next with 16%. Energy indices including energy efficiency (6.33), energy productivity (0.59) $kgMJ^{-1}$), energy intensity (1.68 $MJkg^{-1}$) and net energy gain (1225295 $MJha^{-1}$) were calculated for grape production. The cost of grape production per hectare was $2,779. The highest input costs were related to labor and irrigation water, which cost the farmer 1644 and 680 dollars per hectare, respectively. The calculated negative production in grape production was equal to 2560 dollars per hectare. The main negative production in grape was related to wastage of grapes and irrigation water, which brought hidden costs of 2108 and 442 dollars to the farmer, respectively. The economic indicators of gross income (13954 $\$ha^{-1}$) and cost-benefit ratio (4.5) were calculated.

Conclusion

Transitioning from flood irrigation to drip irrigation is anticipated to enhance irrigation efficiency by 50%, resulting in an incremental addition of $221 to the farmer's income while concurrently reducing labor costs. Additionally, emphasizing training for workers can prove pivotal in minimizing grape yield wastage within the region.

Keywords: Energy accounting, Energy efficiency, Energy productivity, Environmental management, ISO 14051 standard

Journal of Agricultural Economics and Development
https://jead.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۷، شماره ۳، پاییز ۱٤۰۲، ص ۳٤۰-۳۲۵

هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی (MEFCA) تولید انگور در شهرستان ملایر

مجید دکامین[۱*] - کامران خیرعلی پور[۲]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۷/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۸/۰۳

چکیده

به‌منظور دستیابی به تولید پایدار در بوم‌سازگان‌های کشاورزی، داشتن درک درستی از اقتصاد تولید، اثرات محیط‌زیستی و نحوه استفاده از انرژی در تولید محصول کشاورزی ضروری است. هدف از این مطالعه تعیین نقاط بحرانی از نظر انرژی و هزینه در تولید انگور ملایر با رویکرد هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی است. تمرکز اولیه هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی بر روی هدررفت‌ها (هدررفت انرژی، مواد و ظرفیت بالقوه انسانی) است. براساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ واحد کارکردی در این مطالعه، فرایند تولید انگور در واحد سطح یک هکتار در یک سال انتخاب شد. مرز سامانه شامل فرایندهای پیش‌زمینه‌ای بود که کشاورز دخالت مستقیم در استفاده و مدیریت آن‌ها داشت. داده‌های انگور در سال زراعی ۱۴۰۰-۱۳۹۹ و از تاکستان‌های ملایر جمع‌آوری شد. بر اساس نتایج مطالعه، میانگین انرژی ورودی شامل انرژی تجدیدپذیر، تجدیدناپذیر، مستقیم و غیرمستقیم برای تولید انگور $42234\ MJ\ ha^{-1}$ به دست آمد. انرژی منفی حاصل از هدررفت کودهای شیمیایی، انگور، آبیاری و آفت‌کش‌ها برابر با $28650\ MJ\ ha^{-1}$ به دست آمد. کل انرژی خروجی مثبت برابر با $296180\ MJ\ ha^{-1}$ محاسبه شد. کود نیتروژن با ۲۷ درصد و کود دامی با ۱۹ درصد بیشترین سهم را در انرژی ورودی برای تولید انگور در اختیار داشتند. از نظر انرژی‌های منفی هدررفت انگور با ۸۲ درصد بیشترین سهم را به خود اختصاص داد. هدررفت آب آبیاری با ۱۶ درصد در رتبه بعدی قرار داشت. شاخص‌های انرژی شامل کارایی مصرف انرژی (۶/۳۳)، بهره‌وری انرژی ($0/59\ kgMJ^{-1}$)، انرژی مخصوص ($68/1\ MJkg^{-1}$) و بهره انرژی خالص ($225295\ MJha^{-1}$) برای تولید انگور محاسبه شد. هزینه تولید انگور در سطح یک هکتار، ۲۷۷۹ دلار (با قیمت آزاد) به دست آمد. بیشترین هزینه‌های ورودی مربوط به نیروی کار و آب آبیاری بود که به‌ترتیب برابر با ۱۶۴۴ و ۶۸۰ دلار در هکتار برای کشاورز هزینه داشتند. تولید منفی محاسبه شده در تولید انگور معادل ۲۵۶۰ دلار در هکتار بود. اصلی‌ترین تولید منفی در تولید انگور مربوط به هدررفت انگور و آب آبیاری بود که به‌ترتیب برای کشاورز هزینه‌های پنهان ۲۱۰۸ و ۴۴۲ دلاری به همراه داشت. مقادیر شاخص‌های اقتصادی درآمد ناخالص $13954\ \$ha^{-1}$ و نسبت فایده به هزینه (۵/۴) محاسبه شد. با اصلاح روش آبیاری از غرقابی به قطره‌ای می‌توان انتظار داشت که کارایی آبیاری تا ۵۰ درصد افزایش یابد که به‌واسطه آن ۲۲۱ دلار به درآمد کشاورز اضافه و هزینه‌های کارگری کاهش می‌یابد. آموزش کارگران نقش تعیین‌کننده‌ای در کاهش هدررفت عملکرد انگور در منطقه می‌تواند داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱، انگور، بهره‌وری انرژی، حسابداری انرژی، کارایی انرژی، مدیریت محیط‌زیستی

۱- استادیار گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: Dekamin@malayeru.ac.ir)
۲- دانشیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

https://doi.org/10.22067/jead.2023.80448.1174

مقدمه

انگور (*Vitis vinifera* L.)، یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در مدیترانه است. امروزه انگور در سطح وسیعی از باغات دنیا پرورش داده می‌شود. تولید جهانی انگور در حدود ۷۷/۸ میلیون تن در سال ۲۰۱۸ بوده است که ۱/۳ میلیون تن آن تبدیل به کشمش شده است. بر اساس آخرین داده‌های سازمان خواروبار جهانی (فائو)، ایران با تولید سالانه ۲/۴۵ میلیون تن انگور در مساحت ۲۱۳ هزار هکتار، ۳ درصد از تولید انگور جهان را به خود اختصاص داده است. میانگین عملکرد در هکتار تاکستان ۱۱/۵ تن گزارش شده است (Elhami *et al.*, 2019). به‌طور متوسط ۴۰ درصد از انگور تولیدشده در ایران تبدیل به کشمش می‌شود. ارومیه، ملایر، قزوین، شاهرود و یاسوج عمده ترین مناطق تولیدکننده انگور ایران به‌شمار می‌آیند. ایران دهمین تولیدکننده انگور دنیا (۲/۳ میلیون تن) و چهارمین تولیدکننده کشمش (۱۵۰ هزارتن) بعد از کشورهای ایالات متحده امریکا، ترکیه و چین است. استان همدان از نظر سطح تاکستان‌های انگور، در رتبه ششم و از نظر تولید انگور و کشمش سومین استان تولیدکننده کشور است. در این میان ملایر با ۱۱۰۰۰ هکتار از سطح کل تاکستان‌های انگور استان و تولید ۴۰ هزار تن کشمش قطب تولید کشمش استان همدان و یکی از مناطق تولید عمده کشمش کشور محسوب می‌شود.

اخیرا، تولید پایدار به‌عنوان یک مسیر راهبردی در همه فعالیت‌های تولیدی مطرح است. این راهبرد علاوه بر جنبه فنی تولید، دارای جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، و زیت محیطی است (Kheiralipour, 2022). همچنین پایداری انرژی به‌عنوان اصل کلیدی توسعه پایدار بیان می شود (Prashar, 2019). افزایش کارایی انرژی و تولید پاک‌تر دستورالعمل اقتصاد چرخشی[1] است. اقتصاد چرخشی به‌دنبال حداکثر استفاده از منابع در فرایند تولید است (Barros *et al.*, 2021). در واقع در اقتصاد خطی هدف تولید دستیابی به حداکثر سود است، اما در اقتصاد چرخشی علاوه بر دستیابی به حداکثر سود، مدیریت ضایعات و رفاه اجتماعی بین نسلی جزء ارکان اساسی قلمداد می‌شود. به‌کارگیری اقتصاد چرخشی در تولید محصولات کشاورزی منجر به افزایش حاشیه سود، صرفه‌جویی در هزینه‌ها، کاهش اثرات محیطزیستی تولید و حفظ منابع طبیعی می‌شود.

امروزه مبنای اقتصاد خطی که نامحدودبودن منابع و ظرفیت محیط برای جذب ضایعات و آلودگی‌های محیطزیستی است، در دنیا مردود شده است. با اجرای اقتصاد چرخشی در حوزه کشاورزی می‌توان مصرف انرژی (به‌خصوص سوخت‌های فسیلی)، مواد خام طبیعی و به‌ویژه مصرف آب را به‌شدت کاهش داد و درعین‌حال تولیدی پاک‌تر را به ارمغان آورد. درحالی‌که، هزینه‌یابی جریان مواد یک ابزار مدیریت محیط زیستی است، که در خدمت اقتصاد چرخشی است.

باتوجه‌به رشد روزافزون کشت انگور در شهرستان ملایر، و همچنین مصرف انگور به‌صورت تازه‌خوری و کشمش ضروری است که تولید انگور از منظر اثرات محیطزیستی، اقتصادی و مصرف انرژی مورد بررسی قرار گیرد. به‌منظور سنجش پایداری بوم‌سازگان‌های کشاورزی، ابزارهای تحلیلی مختلفی وجود دارند. ارزیابی چرخه حیات یکی از کاربردی‌ترین ابزارها در این زمینه است (Guinée, 2002; Dekamin and Barmaki, 2018; Dekamin *et al.*, 2018). در روش ارزیابی چرخه حیات اثرات محیطزیستی نهاده‌های مصرفی در کشاورزی و عملیات مرتبط با آن از گهواره تا گور مورد تحلیل قرار می‌گیرد (Dekamin *et al.*, 2019; Dekamin, 2017). تکنیک دیگری که در مطالعات مورداستفاده قرار گرفته است تقاضای اگزرژی تجمعی[2] است. تاکنون مطالعات مختلفی دررابطه‌با جریان انرژی و اثرات محیط زیستی تولید انگور انجام شده است (Hamedani *et al.*, 2011; Marras *et al.*, 2015; Mohseni *et al.*, 2018; Vázquez-Rowe *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای باهدف ارزیابی مصرف انرژی تولید انگور در آذربایجان غربی انجام شد، نتایج نشان داد که کل انرژی ورودی و خروجی به‌ترتیب برابر با ۳۹۹۹۶۸/۴۹ و ۲۱۸۷۱۳ مگاژول در هکتار گزارش شده است. به ازای هر هکتار کشت انگور در آذربایجان غربی معادل ۸۵۸ کیلوگرم دی‌اکسید کربن در هکتار منتشر می‌شود (Mardani and Taghavifar, 2016). در مطالعه‌ای که به ارزیابی چرخه حیات و کارایی انرژی در اراک پرداخته است، انرژی ورودی و خروجی به تاکستان‌ها به‌ترتیب ۳۳۲۶۴ و ۲۱۱۷۱۵ مگاژول در هکتار به دست آمد. نتایج این مطالعه نشان داد که ۲۲/۴۱ درصد از تاکستان‌ها از منظر انرژی به صورت کارا عمل می‌کنند. در ارزیابی انرژی مشخص شد که کودهای پتاسه، پتانسیل ۲۷ درصدی برای کاهش انرژی ورودی برای تاکستان‌ها را دارا می‌باشند. از منظر اثرات محیطزیستی نیز کود مرغی بیشترین اثر محیطزیستی را به خود اختصاص داده است. در مطالعه ارزیابی پایداری انگور در قزوین مشخص شد که انرژی خروجی در تولید انگور به شیوه سنتی و نیمه مکانیزه، به‌ترتیب ۲۵۳۱۱۰ و ۲۸۴۳۸۰ مگاژول در هکتار است. در بین سامانه‌های مورد مطالعه کود نیتروژن بیشترین سهم را از انرژی ورودی داشت (۳۲ تا ۴۷ درصد). کارایی استفاده از انرژی تولید به شیوه سنتی و نیمه مکانیزه، به‌ترتیب ۹/۶۶ و ۱۱/۲۶ به‌دست آمد (Rahmani *et al.*, 2022). با بررسی این مطالعات مشخص می‌شود که هیچ کدام هدررفت‌ها و انتشارها را از بعد هزینه و انرژی مورد بررسی قرار نداده‌اند.

استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ یک استاندارد محیطزیستی است. در

1- Circular economy (CE)
2- Cumulative exergy demand (CExD)

استاندارد ایزو ۱۴۰۴۰ (ارزیابی چرخه حیات) تنها میزان انتشارهای محیطزیستی گزارش می‌شد و به آنها وزن اقتصادی و انرژی داده نمی شد. در استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ علاوه بر محاسبه هدررفت‌ها، به آنها وزن اقتصادی و انرژی هم داده می‌شود. در روش ارزیابی چرخه حیات، اجبار در کاهش اثرات بر تولیدکننده بود، بدون اینکه برای او مشخص شود که کاهش اثرات محیطزیستی چه نفع اقتصادی برای او دارد. اما در روش هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی، به‌صورت منطقی بیان می‌شود که منفعت اقتصادی تولیدکننده و کاهش اثرات محیط زیست همراستا هستند. هر مطالعه هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی یک مطالعه ارزیابی محیطزیستی نیز هست. هزینه‌یابی جریان مواد بر اساس رویکرد موازنه مواد، پیشنهاد شده توسط کمیسیون اروپا شکل‌گرفته است و ابزاری کارآمد برای مدیریت منابع و جریان‌های هدررفتی در تولید محصول است (Kokubu and Kitada, 2015). بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱، هزینه‌یابی جریان مواد به‌عنوان ابزاری تعریف شده است که به ردیابی جریان مواد در یک سازمان تولیدی و یا واحد اقتصادی می‌پردازد (Standardization, 2011). بر خلاف ارزیابی چرخه حیات که تنها به وزن‌دهی اثرات محیطزیستی تولید می‌پردازد و راه‌حلی برای کاهش همزمان اثرات محیطزیستی و افزایش سود اقتصادی ارائه نمی‌دهد، هزینه‌یابی جریان مواد به‌عنوان ابزاری کارآمد برای مدیریت منابع، هدررفت‌ها و اثرات محیطزیستی شناخته می‌شود و نقص ارزیابی چرخه حیات را پوشش داده است (Allesch and Brunner, 2015).

هزینه‌یابی جریان مواد اخیراً در ارزیابی صنایع نساجی (Arieftiara *et al*., 2021)، خدمات بهداشتی (Dechampai *et al*., 2021)، تصفیه آب فاضلاب (Ho *et al*., 2021)، بخش هتلداری (Nyide, 2016) و تولید گوشت (Bux and Amicarelli, 2022) به کار گرفته شده است. هزینه‌یابی جریان مواد از این جهت با دیگر ابزارهای مدیریت محیطزیستی متفاوت است که قدرت اتصال محیط زیست و اقتصاد را داشته و با درک عمیقی که از فرایند تولید و هدررفت-ها با زبان اقتصادی ارائه می‌دهد، به ابزاری کارآمد تبدیل شده است (Kokubu and Kitada, 2015). ازآنجاکه این ابزار به کارایی استفاده از منابع از طریق کاهش هزینه‌های تولید کمک می‌کند، چالش جدی را در به‌کارگیری دیگر ابزارهای محیطزیستی مانند ارزیابی چرخه حیات و یا ردپاهای اکولوژیک ایجاد کرده است (Bierer *et al*., 2015). در بخش کشاورزی و غذا، ابزار هزینه‌یابی جریان مواد نیز به صورت محدودی به‌کار گرفته شده است. از جمله این مطالعات می‌توان به آب توت سیاه (May and Guenther, 2020)، سویا (Dekamin and Barmaki, 2019)، صنایع تخمیری (Michael and Breggie, 2012)، ذرت (Afshar and Dekamin, 2022)، کلزا (Dekamin, 2021)، و گشنیز(Dekamin *et al*., 2022) اشاره کرد. علی‌رغم پتانسیل بالای این ابزار در ارزیابی پایداری، پژوهشگران زیادی از این ابزار اطلاع ندارند. بر همین اساس، در مطالعه حاضر به ارزیابی اقتصادی و انرژی تولید انگور در شهرستان ملایر پرداخته می‌شود. هدف از این مطالعه، تعیین نقاط بحرانی از نظر انرژی و هزینه در تولید انگور ملایر با رویکرد هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی است. در این روش، تولیدات منفی سامانه (انتشارها و هدررفت‌ها) در محاسبات شاخص‌های انرژی و هزینه لحاظ می‌شوند و درک بهتری از هدررفت‌های پنهان هزینه و انرژی در اختیار قرار می‌دهد.

مواد و روش‌ها

هزینه‌یابی جریان مواد در اواخر دهه ۱۹۹۰ در آگزبورگ آلمان به‌عنوان ابزاری برای مدیریت بهره‌وری سبز معرفی شد (Wagner, 2015). این رویکرد به‌عنوان ابزاری برای افزایش بهره‌وری از طریق کاهش استفاده از مواد، انرژی و منابع انسانی شناخته می‌شود. هزینه‌یابی جریان مواد با عینی‌سازی جریان مواد در فرایند تولید به کشف هزینه‌ها و هدررفت‌های پنهان کمک می‌کند. براساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱ تحلیل جریان مواد در مراکز کمّی اتفاق می‌افتد. مرکز کمّی بخش یا بخش‌های منتخب از فرایندی که برای آن درون‌دادها و برون‌دادها، برحسب واحدهای فیزیکی و پولی کمّی می‌شوند (Sahu *et al*., 2021). به‌طور کلی هر مرکز کمّی فرایند تولید را به چند قسمت تقسیم‌بندی می‌کند. مبنای هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی موازنه جریان مواد است. به این معنی که باید ورودی‌ها با خروجی‌ها یکسان باشد. براساس این موازنه باید ورودی‌های مثبت (نهاده‌های مصرفی) و خروجی‌های مثبت (عملکرد محصول) و منفی (هدررفت‌ها و انتشارها در حین تولید) برابر باشد. تمرکز اولیه هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی بر روی هدررفت‌ها (هدررفت انرژی، مواد و ظرفیت بالقوه انسانی) است. تخصیص هزینه‌ها به محصولات مثبت و منفی در هر مرکز کمّی، به شیوه زیر انجام می‌شود: (Standardization, 2011)

- هزینه مواد (شامل مواد خام و صنعتی مورداستفاده در فرایند تولید)
- هزینه‌های انرژی (شامل انرژی برق یا خرید سوخت دیزل)
- هزینه‌های سامانه (شامل هزینه‌های نیروی کار، هزینه‌های حمل‌ونقل و نگهداری سامانه)
- هزینه پسماند (شامل هزینه‌های مدیریت پسماند)

برخلاف ابزارهای سنتی حسابداری، در هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی هزینه‌های هدررفت ماده و انرژی محاسبه می‌شود (Afshar and Dekamin, 2022; Fakoya and van der Poll, 2013). هزینه‌یابی جریان مواد به کشاورز کمک می‌کند که همان محصول را به‌ازای نهاده مصرفی کمتری تولید کند، یا به‌ازای نهاده‌های مصرفی کنونی، محصول بیشتری را تولید کند. با اجرای هزینه‌یابی جریان مواد، کشاورز قادر خواهد بود که کارایی فرایندهای تولیدی خود را از نظر استفاده از انرژی، مواد افزایش داده و هزینه مدیریت پسماند خود را

کاهش دهند (Sahu *et al*., 2021).

در این مطالعه به بررسی تولید انگور در شهرستان ملایر پرداخته شد. ازآنجاکه انگور درختی چندساله است، فرایند یک سال از برداشت سال قبل تا برداشت سال بعد را در برمی‌گیرد. این مطالعه باهدف دستیابی به سود مالی و ارتقای عملکرد محیطزیستی تولید انگور انجام شد. مراحل اجرای هزینه‌یابی جریان مواد و انرژی در ادامه آورده شده است.

تعیین مسئولیت‌ها و نکات مدنظر مدیریت

ازآنجاکه هزینه‌های تولید نسبت به فروش انگور در تاکستان بالا است، بنابراین لازم است که هزینه‌یابی جریان مواد در تاکستان‌های شهرستان ملایر اجرا شود. گروه اجرایی تشکیل شده نقش‌ها و مسئولیت‌های مختلفی را برای دستیابی به منابع تحقیق، فرایند پایش، بررسی نتایج و مشارکت در بهبود عملکرد تاکستان‌های انگور بر عهده گرفتند.

انتخاب حوزه و هدف مطالعه برای اجرای هزینه‌یابی جریان مواد

مرحله بعد برای اجرای هزینه‌یابی جریان مواد، تعریف اهداف و حوزه مطالعه است. هدف اصلی مطالعه حاضر، یافتن نقاط بحرانی هدررفت هزینه و انرژی در فرایند تولید انگور در شهرستان ملایر بود. با یافتن این نقاط بحرانی (نقاطی که بیشترین هدررفت ماده و انرژی را دارند) می‌توان راهکارهای منطقی و کارآمد برای افزایش درآمد و کاهش اثرات محیطزیستی به کشاورز ارائه داد که موارد زیر را در برمی گیرد:

- بیان هزینه‌های تولید انگور
- تعیین نقاط بحرانی هزینه‌ای در تولید و ارائه راهکارهای جایگزین برای کاهش هزینه و مصرف انرژی
- کمّی‌سازی هدررفت مواد و انرژی در واحدهای پولی

جمع‌آوری داده‌ها و تخصیص هزینه‌ها و انرژی و مرز سامانه

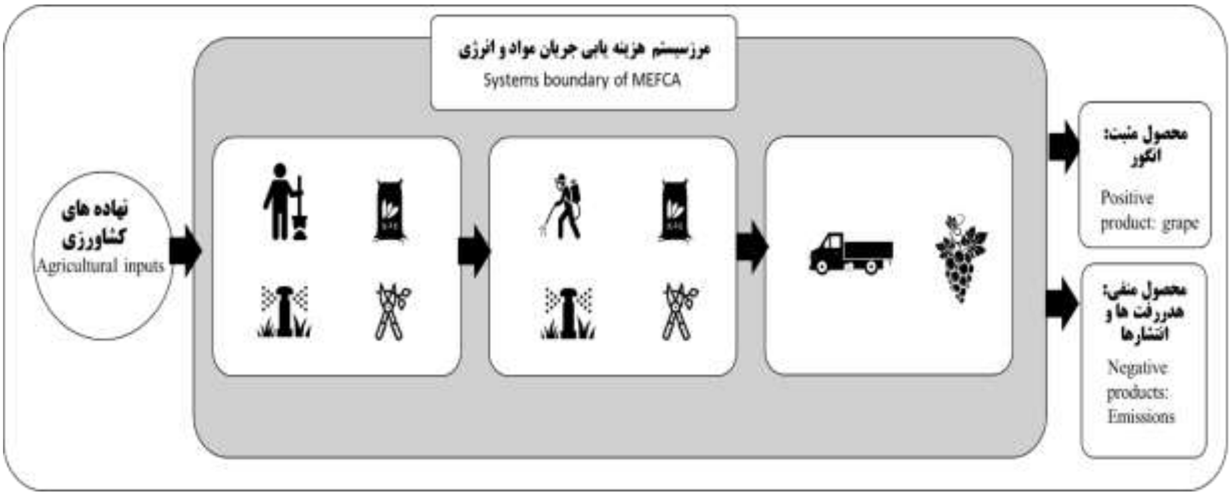
بر اساس استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱، دو عامل واحد کارکردی[1] و مرز سامانه[2] نقش انکارنشدنی در نتایج دارند. واحد کارکردی یک واحد پایه است که مقادیر ورودی و خروجی بر مبنای آن محاسبه شده و مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. تعیین واحد کارکردی به محصول تولیدی بستگی داشته و می‌تواند به شکل‌های مختلفی مثل جرم، انرژی، سطح و یا تعداد در نظر گرفته شود (Kheiralipour, 2020). در اینجا واحد کارکردی تولید انگور در سطح یک هکتار مدنظر قرار گرفت. حوزه‌ای که در این مطالعه مورد بررسی قرار گرفته است، حدود به هزینه‌های تولید می‌شود و زیرساخت‌های تولیدمثل هزینه زمین و سازه‌ها در آن لحاظ نشده است. هزینه‌های تولید شامل تمام نهاده‌های ورودی به مزرعه و هدررفت‌های مزرعه (که به‌عنوان خروجی در نظر گرفته می‌شود) است. هزینه‌های مرتبط با تعمیر و نگهداری در مرحله تولید لحاظ نشدند.

در رابطه با مرز سامانه، اگر در شهرستان ملایر یک سال را از اول فروردین در نظر بگیریم به‌طور خلاصه موارد زیر اتفاق می‌افتد. در فروردین‌ماه بیرون آوردن از خاک، هرس خشک، چال کود، لایروبی نهر و شخم اجرا می‌شود. در اردیبهشت‌ماه هرس خشک، شخم با بیل یا کولتیواتور، مبارزه با خوشه‌خوار، گوگرد پاشی علیه سفیدک، هرس سبز، آبیاری و در صورت لزوم سله‌شکنی در باغ انجام می‌شود. خردادماه مرحله دوم مبارزه با خوشه‌خوار بوده، مبارزه علیه تریپس، هرس سبز، مدیریت علف‌های هرز و آبیاری انجام می‌شود. در تیرماه هرس سبز، کود سرک، سله‌شکنی و آبیاری انجام می‌شود. فعالیت‌های مردادماه شامل هرس سبز، آبیاری، برداشت غوره و آماده‌سازی بارگاه است. در شهریورماه بعد از برداشت انگور، محلول‌پاشی با فروت‌ست، تهیه کشمش، انتقال کشمش به انبار اتفاق می‌افتد. در مهرماه تقریباً کاری انجام نمی‌شود و در اواخر آبان‌ماه و اوایل آذرماه اقدام به خاک‌کردن تنه‌ها می‌شود. طی ماه‌های دی و بهمن یخ آب زمستانه انجام می‌شود. اسفندماه هرس خشک، چال کود و شخم با بیل در برخی باغات اجرا می‌شود.

مرز سامانه نقش تعیین‌کننده‌ای در نتایج دارد. در این مطالعه مرز سامانه شامل تولید انگور از انتهای برداشت سال قبل تا انتهای برداشت سال بعد است (شکل ۱). داده‌های انگور در سال زراعی ۱۴۰۰– ۱۳۹۹و از تاکستان‌های ملایر (منطقه جوراب) جمع‌آوری شد. برای جمع‌آوری داده‌ها از رابطه کوکران برای محاسبه اندازه نمونه استفاده شد. جزییات محاسبه و اندازه نمونه در جدول ۱ آورده شده است. داده‌ها از طریق مصاحبه مستقیم و پرسش‌نامه جمع‌آوری شد. نهاده‌های مختلفی که در فرایندهای مختلف تولید انگور مورداستفاده قرار گرفتند، سیاهه‌برداری و توسط متخصصین پژوهشکده انگور و کشمش ملایر صحت‌سنجی و اصلاح شد.

1- Functional uint

2- System boundary



شکل ۱- مرز سامانه و جریان مواد در تولید انگور

Figure 1- System boundary and matrials flow in garpe production

جدول ۱- جزئیات اندازه نمونه

Table 1- Details of sample size

گیاه **Plant**	تعداد جمعیت آماری **The number of statistical population**	اندازه نمونه بر اساس فرمول کوکران **Sample size based on Cochran's formula**	تعداد واحد بررسی شده **Number of checked units**
انگور Grape	205	139	140

جریان انرژی بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد

در مطالعه حاضر، به بررسی جریان انرژی برای تولید انگور در یک هکتار پرداخته شد. برای این منظور، باید تمام مقادیر نهاده‌های ورودی را تبدیل به معادل انرژی کرد تا بتوان این جریان را کّمی کرد. بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد باید خروجی‌های منفی در نظر گرفته شود. در حسابداری سنتی، این خروجی‌ها لحاظ نمی‌شوند. خروجی‌های منفی شامل هدررفت آب آبیاری، هدررفت کودهای شیمیایی و همچنین هدررفت آفت‌کش‌ها است. دیگر هدررفت که در حسابداری سنتی لحاظ نمی‌شود اتلاف عملکرد در حین برداشت انگور است که عمدتاً به دلیل عدم به‌کارگیری کارگر ماهر در حین چیدن، حمل‌ونقل غیراصولی و گاهی دیر چیدن محصول انگور اتفاق می‌افتد.

برای محاسبه نهاده‌های مختلف ورودی و خروجی به شیوه‌های مختلفی اقدام شد. نهاده‌هایی که به‌صورت مستقیم مصرف می‌شوند در محاسبات لحاظ شد. برخی از نهاده‌ها نیازمند محاسبه بودند. آب آبیاری، ماشین ها، نیروی کار، هدررفت محصول، هدررفت کودهای شیمیایی و سموم شامل این محاسبات شدند. انرژی مستقیم سامانه آبیاری مورداستفاده بر اساس معادله ۱ محاسبه شد (Afshar and Dekamin, 2022).

$$IEU = \frac{\delta * g * H * Q}{\eta_1 + \eta_0} \qquad \text{(۱) رابطه}$$

در اینجا IEU انرژی مورداستفاده در آبیاری بر حسب J، δ چگالی آب ($۱۰۰۰ kgm^{-3}$)، g جاذبه زمین ($۹/۸ ms^{2}$)، H مجموع سر پویا[1]، Q کل میزان آب ($m^3 ha^{-1}$)، η_1 کارایی پمپ آب مورد استفاده (که در اینجا بین ۷۰ تا ۹۰ درصد در نظر گرفته می‌شود)، η_0کارایی کل تولید قدرت است (که بین ۱۸ تا ۲۲ درصد در نظر گرفته شد). برای تخمین انرژی ماشین‌ها مورداستفاده در تولید انگور، عمر اقتصادی ماشین مدنظر قرار گرفت، میانگین سطح و وزن ماشین‌ها کشاورزی لحاظ شد. رابطه ۲ نحوه محاسبه انرژی را نشان می‌دهد (Afshar and Dekamin, 2022).

TME ($MJ\ ha^{-1}$)= ((MW (kg) +IW (kg)) × ME ($MJ\ kg^{-1}$) TMU ($h\ ha^{-1}$)) / MEL (h) (۲) رابطه

در معادله فوق، TME کل انرژی ماشین آلات بر حسب مگاژول، MW وزن تراکتور مورد استفاده بر حسب کیلوگرم، IW وزن ادوات کشاورزی مورد استفاده برحسب کیلوگرم، ME انرژی واحد ماشین آلات بر حسب مگاژول بر کیلوگرم، TMU زمان استفاده از ماشین بر حسب ساعت در هکتار و MEL عمر اقتصادی تراکتور بر حسب ساعت است. درارتباط با هدررفت کودهای شیمیایی که به مصرف تاک نمی‌رسد،

1- Total dynamic head (TDH)

باید ضرایب متفاوتی استفاده شود. شکل شیمیایی هدررفت کودهای شیمیایی با فرمول شیمیایی مورداستفاده در تاکستان متفاوت است. به عنوان مثال کود نیتروژن به شکل اوره (CH_4N_2O) مصرف می‌شود، اما به شکل آمونیاک (NH_3) هدر می‌رود. بر همین اساس باید ضرایب متفاوتی برای محتوای انرژی آنها استفاده شود. برای محاسبه محتوای انرژی هدررفت‌ها از آنتروپی استاندارد تشکیل استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۲- آنتروپی استاندارد تشکیل انتشار کودهای شیمیایی (Afshar and Dekamin, 2022)

Table 2- Fertilizers emissions standard enthalpy of formation (Afshar and Dekamin, 2022)

نوع انتشار Emissions type	جرم مولی Molar mass(g mole^{-1})	معادل انرژی مولی Molar mass eq. (kJ mole^{-1})	معادل انرژی Energy eq. (MJ kg^{-1})
N_2O	44	82.5	1.88
NH_3	17.03	46	2.70
NO_3	62	206	3.32

انتشار ناشی از مصرف کودهای نیتروژن بر اساس بانک اطلاعاتی اکواینونت[1] محاسبه شد. انتشار دی‌نیتروژن اکسید (N_2O) با استفاده از فاکتور انتشار معرفی‌شده توسط بومن (Bouwman, 1995) محاسبه شد. انتشار نیترات با استفاده از ضریب آن انجام شد. انتشار فسفر بر اساس روش معرفی‌شده توسط نمیکیک و همکاران (Nemecek *et al.*, 2007) انجام پذیرفت. جدول ۳ ضرایب و فرمول‌های مورداستفاده را نشان می‌دهد. بر اساس داده‌های خام به دست آمده از مصرف کودهای شیمیایی، می‌توان مقدار کودمصرفی به صورت خالص یا N_{in} را به‌دست آورد، سپس با ضرب مقدار N_{in} در ضرایب مربوطه مقدار هدررفت کودشیمیایی به هوا و آب مشخص می‌شود. کودهای نیتروژنی که به انگور داده می‌شود، به شکل N_2O به هوا و به شکل NO_3^- به آب وارد می‌شوند. به‌منظور محاسبه میزان انتشار این مواد به آب و هوا ضرایبی در نظر گرفته شده است که این ضرایب تعیین کننده میزان انتشار است. با ضرب این ضرایب در میزان محتوای نیتروژن کود یا همان N_{in} می‌توان میزان هدررفت را به‌دست آورد. نتیجه به دست آمده به‌صورت نتیروژن نیترات $NO_3^- - N$ یا اکسید نیتروژن $N_2O - N$ است. نیتروژن نیترات برای اینکه تبدیل به نیترات شود، باید در ضرایب تبدیل انتشار ضرب شود تا مقدار نهایی انتشار به‌صورت NO_3 به‌دست آید.

با استفاده از ورودی‌ها و خروجی‌های محاسبه‌شده مقادیر شاخص‌های اقتصادی و انرژی تولید انگور در شهرستان ملایر را محاسبه شد (جداول ۴ و ۵).

نتایج و بحث

معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها/خروجی‌های مختلف در تولید انگور (مگاژول در هکتار) در جدول ۶ و شکل ۲ نشان داده شده است. به‌منظور مقایسه مصرف انرژی ورودی‌ها و خروجی‌ها باید همه آن‌ها به یک واحد انرژی یعنی MJha^{-1} تبدیل شوند. چرا که هرکدام از ورودی‌ها و خروجی‌ها دارای واحد مختص به خود هستند. مثلاً به منظور مقایسه انرژی نیروی کارگری که بر حسب ساعت است و کود شیمیایی که بر حسب کیلوگرم است، بایستی هرکدام از آنها در ضریب انرژی مختص خود ضرب شوند تا هم واحد شده و قابل مقایسه باشند. در تولید انگور در ملایر، بیشترین مصرف انرژی مربوط به کودهای نیتروژنی به‌صورت آمونیوم و نیترات است. کود دامی و آب آبیاری در رتبه‌های بعدی قرار دارند. بر اساس داده‌های جدول ۶، میانگین انرژی ورودی شامل انرژی تجدیدپذیر، تجدیدناپذیر، مستقیم و غیرمستقیم برای تولید انگور برابر با ۴۲۲۳۴ MJha^{-1} به دست آمد. انرژی منفی حاصل از هدررفت کودهای شیمیایی، انگور، آب آبیاری و آفت‌کش‌ها ۲۸۶۵۰ MJha^{-1} است. کل انرژی خروجی مثبت ۲۹۶۱۸۰ MJha^{-1} محاسبه شد. شکل ۲، درصد انرژی‌های مثبت و منفی را در تولید انگور نشان می‌دهد. برای انرژی‌های ورودی کود نیتروژنی با ۲۷ درصد و کود دامی با ۱۹ درصد بیشترین سهم را در انرژی ورودی برای تولید انگور در اختیار دارند. ماشین ها با ۸ درصد و نیروی کار با ۶ درصد در رتبه‌های بعدی قرار دارند. از نظر انرژی‌های منفی هدررفت انگور با ۸۲ درصد بیشترین سهم را به خود اختصاص داده است. هدررفت آب آبیاری با ۱۶ درصد در رتبه بعدی قرار دارد. جدول ۷ نسبت‌های انرژی در تولید انگور بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد و حسابداری رایج را نشان می‌دهد. در این جدول به‌منظور درک بهتر کارکرد حسابداری برمبنای هزینه‌یابی جریان مواد، نتایج به دو صورت حسابداری رایج و هزینه‌یابی جریان مواد ارائه شده اند. تفاوت حسابداری بر مبنای هزینه‌یابی جریان مواد با حسابداری رایج در لحاظ کردن مقدار انرژی هدررفت‌ها (یا همان انرژی منفی) در فرمول‌های محاسبه شاخص‌های انرژی است. در شاخص‌هایی که انرژی منفی لحاظ شده است مقادیر به دست آمده از هزینه‌یابی جریان مواد با حسابداری رایج متفاوت است.

1- Ecoinvent database

جدول ۳- ضرایب مورداستفاده برای محاسبه انتشارها در مزرعه برای تولید انگور (Eggleston, 2006)

Table 3- Coefficients used to calculate on-farm emissions for grape production (Eggleston, 2006)

انتشارها و فرمول‌های محاسبه Emissions and calculation formulas		ضرایب Coefficients
انتشار ناشی از کودهای شیمیایی نیتروژنی Emissions from nitrogen fertilizers	$\frac{kg\ N_2O - N}{kg\ N_{in}}$	۰/۱۲ به هوا 0.12 to air
	$\frac{kg\ NO_3^- - N}{kg\ N_{in}}$	۰/۳ به آب 0.3 to water
ضریب تبدیل انتشارها Emission conversion factor		
$kg\ NH_3 - N$ to $kg\ NH_3$	$\frac{14}{17}$	
$kg\ NO_3 - N$ to $kg\ NO_3$	$\frac{14}{62}$	
$kg\ P_2O_5$ to kg phosphorus	$\frac{62}{142}$	

جدول ٤- رابطه‌های مورداستفاده برای تعیین شاخص‌های انرژی تولید انگور (Afshar and Dekamin, 2022)

Table 4- Equations used to calculate the energy indicators of grape production (Afshar and Dekamin, 2022)

شاخص‌های انرژی Energy indicators	واحد Unit	فرمول Equation
بهره‌وری انرژی Energy productivity	$kg\ MJ^{-1}$	$EP = \frac{Y\ (kg\ ha^{-1})}{IE\ (MJ\ ha^{-1})}$
کارایی استفاده از انرژی Energy use efficiency		$EUE\ (ER) = \frac{OE\ (MJ\ ha^{-1})}{IE\ (MJ\ ha^{-1})}$
بهره خالص انرژی Net energy gain	$MJ\ ha^{-1}$	$NE = OE\ (MJ\ ha^{-1}) - IE\ (MJ\ ha^{-1})$
شدت انرژی Energy intensity	$MJ\ kg^{-1}$	$SE = \frac{IE\ (MJ\ ha^{-1})}{Y\ (kg\ ha^{-1})}$

*در معادلات IE معادل انرژی ورودی برحسب $MJ\ ha^{-1}$، OE معادل انرژی خروجی بر حسب $MJ\ ha^{-1}$ و Y عملکرد انگور در سطح یک هکتار است.

جدول ۵- رابطه‌های مورداستفاده برای محاسبه شاخص‌های اقتصادی تولید انگور (Afshar and Dekamin, 2022)

Table 5- Equations used to calculate the economic indicators of grape production (Afshar and Dekamin, 2022))

شاخص‌های اقتصادی Economic indicators	واحد Unit	فرمول محاسبه Equation
ارزش کل تولید Total value of production	$\$\ ha^{-1}$	$GVP = Y(kg\ ha^{-1}) \times P(\$\ kg^{-1})$
بازده ناخالص Gross return	$\$\ ha^{-1}$	$GR = GVP\ (\$\ ha^{-1})$ - Variable $Costs$ $(\$\ ha^{-1})$
نسبت منفعت به هزینه Benefit to cost ratio		$CBR = GVP\ (\$\ ha^{-1})\ /\ TC\ (\$\ ha^{-1})$
بهره‌وری اقتصادی Economic productivity	$kg\ \$^{-1}$	EP=Y(kg) / Variable Costs ($)

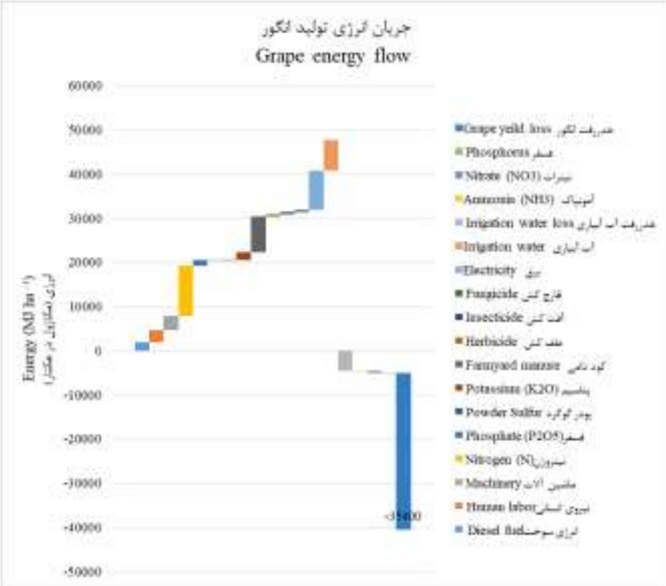
* در جدول Y عملکرد انگور ($kg\ ha^{-1}$)، P قیمت محصول انگور ($\$\ kg^{-1}$)، VC هزینه‌های متغیر ($\$\ ha^{-1}$) و TC کل هزینه تولید ($\$\ ha^{-1}$)

شاخص های انرژی که در محاسبه آنها محصولات منفی نقشی ندارند، مقدار برای هر دو روش حسابداری یکسان است. شاخص‌های انرژی شامل کارایی مصرف انرژی (۶/۳۳)، بهره‌وری انرژی ($kg MJ^{-1}$ ۰/۵۹)، شدت انرژی ($MJ kg^{-1}$ ۶۸/۱) و بهره خالص انرژی ($MJ ha^{-1}$ ۲۲۵۲۹۵) برای تولید انگور محاسبه شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشاهده می‌شود که کارایی مصرف انرژی و انرژی خالص در حسابداری بر مبنای هزینه‌یابی جریان مواد از حسابداری رایج کمتر است. دلیل این امر لحاظ کردن محتوای انرژی محصولات منفی در محاسبات است که تاکنون در نظر گرفته نمی‌شدند و تصور بر این بود که سامانه با کارایی بالاتری در حال کار است.

جدول ٦- معادل‌های انرژی برای ورودی‌ها/خروجی‌های مختلف در تولید انگور (مگاژول در هکتار)

Table 6- Energy equivalents for different inputs/outputs in Grape production (MJ ha^{-1})

جریان ورودی و خروجی Input and output flow	واحد Unit	انرژی هر واحد Energy coefficients(MJ$unit^{-1}$)	تولید انگور Grape production	معادل انرژی جریان ورودی و خروجی Grape production Energy(MJha^{-1})
سوخت Diesel fuel	l	47.8	41	1960
نیروی کار Human labor	h	1.96	1370	2671
ماشین ها Machinery	h	62.7	23	3282
نیتروژن Nitrogen (N)	kg	75.4	106	7011
فسفات Phosphate (P_2O_5)	kg	13.07	78	970
پتاس Potassium (K_2O)	kg	11.15	120	134
گوگرد Sulfure	kg	1.12	75	836
علف‌کش Herbicide	kg	238	8	1904
آفت‌کش Insecticide	kg	101.2	5	506
قارچ‌کش Fungicide	kg	216	4	864
کود دامی (جامد) Manure	kg	0.3	27000	8100
برق Electricity	kWh	11.93	756	9019
آب آبیاری Irrigation water	m^3	1.02	6800	6936
جمع انرژی‌های ورودی Total input				42234
خروجی‌های منفی Negative outputs				
آب آبیاری Irrigation water	m^3	1.02	4420	4508
آمونیاک Ammonia (NH_3)	kg	2.70	19.3	52.1
نیترات Nitrate (NO_3)	kg	12.44	31.6	392.7
فسفات Phosphate (P_2O_5)	kg	3.32	0.8	2.8
هدررفت انگور Grape loss	kg	11.8	2008	23694
جمع انرژی‌های خروجی منفی Total negative outputs				28650
خروجی مثبت Positive output				
عملکرد Yield	kg	11.8	25100	296180



شکل ۲- جریان انرژی مثبت و منفی در تولید انگور

Figure 2- Positive and negative energy flow in grape production

جدول ۷- شاخص‌های انرژی در تولید انگور بر اساس هزینه‌یابی جریان مواد و حسابداری رایج

Table 7-Conventional and MFCA Energy ratios in prape production

شاخص‌های انرژی Energy indexes	هزینه‌یابی جریان مواد MFCA	حسابداری رایج Conventional accounting
انرژی ورودی Input energy	42234	42234
انرژی خروجی Output energy	267530	296180
انرژی مثبت Positive energy	296180	296180
انرژی منفی Negative energy	-28650	0
کارایی مصرف انرژی Energy use efficiency	6.33	7.01
بهره‌وری انرژی Energy productivity	0.59	0.59
شدت انرژی Energy intensity	1.68	1.68
بهره خالص انرژی Net energy gain	225295	253945

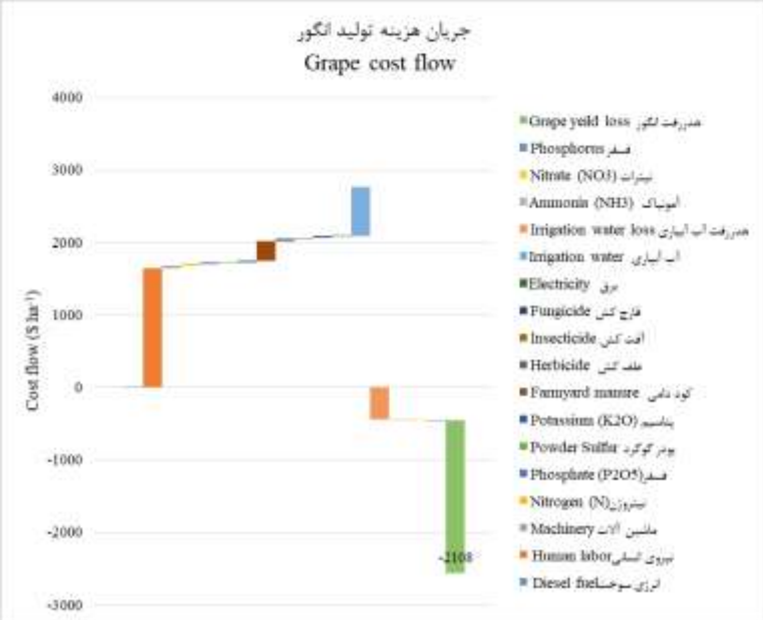
معادل‌های هزینه‌ای برای ورودی‌ها و خروجی‌های مختلف در تولید انگور در جدول ۸ ارائه شده است. به‌منظور به دست آوردن معادل هزینه‌ای برای ورودی‌ها و خروجی‌ها لازم است که مقدار مصرف هر نهاده و یا محصول (چه مثبت و چه منفی) در هر هکتار تاکستان را داشته باشیم. مقادیر کمّی ورودی‌ها و خروجی‌های حاصل از پژوهش در ستون سوم جدول ۸ آورده شده است. با ضرب این مقادیر در معادل دلاری هر واحد از ورودی/خروجی در زمان انجام پژوهش (ستون چهارم جدول ۸)، معادل هزینه‌ای ورودی‌ها و خروجی‌ها به‌دست آمد. معادل هزینه‌ای تولید انگور در سطح یک هکتار ۲۷۷۹ دلار است. بیشترین هزینه‌های ورودی مربوط به نیروی کار و آب آبیاری بود که به‌ترتیب ۱۶۴۴ و ۶۸۰ دلار در هکتار برای کشاورز هزینه دارند. تولید منفی محاسبه‌شده در تولید انگور معادل ۲۵۶۰ دلار در هکتار بود. اصلی‌ترین تولید منفی در کشت انگور مربوط به هدررفت انگور و آب آبیاری بود که به‌ترتیب برای کشاورز هزینه‌های پنهان ۲۱۰۸ و ۴۴۲ دلاری به همراه داشت. عملکرد انگور در واحد سطح یک هکتار ۲۵۱۰۰ کیلوگرم بود که ۱۷۵۷۰ دلار ارزش داشت. بخش زیادی از ارزش تولیدات منفی می‌تواند به این درآمد ناخالص کشاورز اضافه شود (شکل ۳). کاهش مصرف آب آبیاری که معمولاً با آبیاری قطره‌ای در مقابل آبیاری غرقابی

همراه است، تأثیر منفی بر عملکرد ندارد (Roth *et al*., 1995; Sharmasarkar *et al*., 2001). مطالعات مختلف گزارش کرده‌اند که با تغییر سامانه آبیاری از غرقابی به قطره‌ای می توان انتظار داشت که کارایی آبیاری تا ۵۰ درصد افزایش یابد (Eranki *et al*., 2017). با اصلاح روش آبیاری از غرقابی به قطره‌ای می‌توان انتظار داشت که کارایی آبیاری تا ۵۰ درصد افزایش یابد که در این مورد می‌توان انتظار داشت ۲۲۱ دلار (نیمی از ارزش هدررفت آب آبیاری) به درآمد کشاورز در هکتار اضافه شود. به‌عبارت دیگر، هدررفت آب آبیاری ۴۴۲ دلار در هکتار محاسبه شده است. اگر کارایی آبیاری را ۵۰ درصد افزایش دهیم یعنی نصف این پول را صرفه‌جویی کرده‌ایم. علاوه بر این، می‌توان از این طریق هزینه نیروی کار را نیز کاهش داد. زیرا در سامانه قطره‌ای کافی است که پخش آب تنظیم گردیده و سامانه به کار انداخته شود. این تنظیم‌ها توسط وسایل خودکاری انجام می‌گیرد که نیاز به کارگر چندانی ندارد. ازآنجاکه بیشتر سطح خاک هرگز با آبیاری قطره‌ای خیس نمی‌شود، رشد علف هرز کاهش می‌یابد. در نتیجه هزینه نیروی کار (که بیشترین هزینه ورودی در سامانه را به خود اختصاص داد) و مواد شیمیایی برای کنترل علف هرز را پایین آورد. همچنین ازآنجاکه با آبیاری قطره‌ای خاک کمتری خیس می‌شود، عملیات زراعی دیگر در تاکستان را می‌توان مداوم ادامه داد. در این حالت برنامه‌ریزی‌های تاکستان را می‌توان با سهولت بیشتری انجام داد. کودها را می‌توان در آب آبیاری تزریق نمود که با این کار نیازی به نیروی کارگر برای پخش آنها روی زمین و بنه‌ها نیست. برای این منظور کودهای محلولی در بازار موجود است که می‌توان آنها را از طریق سامانه قطره‌ای مورداستفاده قرارداد. در این روش به علت کنترل بیشتر روی محل و زمان پخش کود با سامانه قطره‌ای، کارایی کودپاشی افزایش یافته و هدررفت‌های منفی کود شیمیایی و نیاز به نیروی کار کاهش خواهد یافت. هدررفت انگور دیگر خروجی منفی سامانه تولیدی انگور است. عدم کنترل یکپارچه آفات و بیماری‌ها در منطقه، استفاده از کارگران غیرماهر و خسارت پرندگان از اصلی‌ترین عوامل هدررفت عملکرد انگور در منطقه است. شیوع آفات و بیماری‌ها در منطقه در تمامی باغات اتفاق می‌افتد. اما کنترل آفات و بیماری‌ها در منطقه توسط هر کشاورز به صورت فردی انجام می‌شود، در نتیجه استفاده از سموم کشاورزی در کنترل آفات و بیماری‌ها چندان موفق عمل نمی‌کند و سرایت بیماری‌ها و آفات از تاکستان‌های همجوار به راحتی اتفاق می‌افتد و کشاورز مجبور به استفاده از مقادیر بیشتری سم (نسبت به مقادیر توصیه شده) می‌شود. همین امر باعث افزایش هزینه‌های تولید از جانب کشاورز می‌شود. از طرف دیگر جهاد کشاورزی منطقه زمان اوج پرواز آفات در منطقه را تعیین نکرده و به کشاورزان اطلاع رسانی نمی‌کند تا آنها بتوانند به صورت همزمان سمپاشی کرده و جمعیت آفت به زیر آستانه اقتصادی برسد. سامانه آبیاری در منطقه به صورت غرقابی است و همین امر سرایت بیماری‌ها و آفت را تشدید می‌کند. بالا بودن هزینه کارگر فصلی در منطقه و کمبود آن در زمان اوج نیاز به نیروی کار، باعث شده است که کشاورز مجبور به استفاده از نیروی کار غیرماهر برای برداشت و جمع‌آوری انگور شود.

نسبت منفعت به هزینه در هزینه‌یابی جریان مواد نسبت به حسابداری رایج کمتر محاسبه شده است (جدول ۹). اختلاف درآمد ناخالص در روش حسابداری رایج (۱۶۵۱۵ دلار) با روش حسابداری جریان مواد (۱۳۹۵۴ دلار) در لحاظ تولید منفی سامانه مورد ارزیابی بوده، که دقیقاً برابر با تولیدات منفی سامانه است. در حسابداری جریان مواد و انرژی نسبت منفعت به هزینه کمتر از حسابداری رایج محاسبه می‌شود که به علت لحاظ‌کردن تولیدات منفی در محاسبات است. ارزیابی اقتصادی، انرژی و محیط زیستی تولید انگور در شهرستان ملایر با استفاده از روش هزینه‌یابی جریان مواد (استاندارد ایزو ۱۴۰۵۱) انجام شد. نتایج مطالعه نشان داد که تولید انگور دارای دو نقطه داغ از نظر هزینه و انرژی است. کودهای شیمیایی به‌عنوان ورودی و هدررفت انگور به‌عنوان خروجی منفی اصلی‌ترین نقاط بحرانی تولید انگور از منظر انرژی بودند. نیروی انسانی و هدررفت انگور به ترتیب به‌عنوان نقاط بحرانی تولید انگور از منظر هزینه بودند. تولید انگور در شهرستان ملایر به میزان ۶۶٪ انرژی ورودی، هدررفت انرژی داشت. از طرف دیگر، تولید انگور به میزان ۹۲٪ از هزینه تولید هدررفت به همراه داشت. در کنار استفاده کارآمد از نهاده‌های تولید مثل کودهای شیمیایی و آب آبیاری، کشاورز می‌تواند با کاهش هدررفت‌های منفی، هزینه‌های تولید را کاهش داده و به سود نهایی خود از تولید اضافه نماید. هزینه‌هایی که در حسابداری رایج نشان داده نمی‌شوند و برای کشاورز به‌صورت پنهان باقی می‌مانند. نتایج این مطالعه نشان داد که راهبردهای مدیریتی باید برای بهینه‌سازی تولید انگور به کار گرفته شود تا مصرف انرژی و هزینه در فرایند تولید و هدررفت‌های آن کاهش یابد. تولید انگور در شهرستان ملایر به‌صورت سنتی و با اتکای زیاد به نیروی کار انجام می‌شود. بخش زیادی از هزینه‌های تولید نیز به نیروی کار اختصاص دارد که در دو برهه خاک‌کردن و برداشت محصول اثر خود را نشان می‌دهد (زمانی که نیروی کار کمتری در دسترس کشاورز است). داربستی کردن انگور، استفاده از آبیاری قطره‌ای به‌جای آبیاری غرقابی که از طریق آن می توان کودآبیاری انجام داد و علاوه بر افزایش راندمان آبیاری، کارایی استفاده از کودهای شیمیایی را افزایش داد به‌عنوان اصلی‌ترین راه‌حل‌های کاهش هزینه‌های تولید و افزایش پایداری تاکستان‌های شهرستان ملایر به‌حساب می‌آیند. سیاست‌های احتمالی در جهت ارتقای سطح پایداری و تولید تاکستان‌های انگور بایستی به ترتیب متمرکز بر اصلاح شیوه آبیاری، فرایند برداشت و سپس مدیریت تغذیه آن باشد.

جدول ۸- معادل‌های هزینه برای ورودی‌ها/خروجی‌های مختلف در تولید انگور (دلار در هکتار)
Table 8- Cost equivalents for different inputs/outputs in grape production ($ ha^{-1})

جریان ورودی و خروجی Input and output flow	واحد Unit	مقدار در واحد سطح انگور Grape production	هزینه هر واحد (دلار در هکتار) Cost ($ unit^{-1})	معادل هزینه انگور (دلار در هکتار) Grape production cost ($ ha^{-1})
سوخت Diesel fuel	l	41	0.03	1.23
نیروی کار Human labor	h	1370	1.2	1644
ماشین ها Machinery	h	23	1.3	29.9
نیتروژن Nitrogen (N)	kg	106	0.2	21.2
فسفات Phosphate (P_2O_5)	kg	78	0.3	23.4
پتاس Potassium (K_2O)	kg	45	0.1	4.5
گوگرد Sulfure	kg	120	0.3	36
علف‌کش Herbicide	kg	8	3.6	28.8
آفت‌کش Insecticide	kg	5	3.6	18
قارچ‌کش Fungicide	kg	4	3.6	14.4
کود دامی (جامد) Manure	kg	27000	0.01	270
برق Electricity	kWh	756	0.01	7.56
آب آبیاری Irrigation water	m^3	6800	0.1	680
جمع انرژی‌های ورودی Total inputs				2779
خروجی‌های منفی Negative outputs				
آب آبیاری Irrigation water	m^3	0.1	4420	442
آمونیاک Ammonia (NH_3)	kg	0.2	19.28	3.86
نیترات Nitrate (NO_3)	kg	0.2	31.57	6.31
فسفات Phosphate (P_2O_5)	kg	0.3	0.84	0.25
هدررفت انگور Grape loss	kg	0.7	3012	2108
جمع انرژی‌های خروجی منفی Total negative outputs				2560.8
خروجی‌های مثبت Positive output				
عملکرد Yield	kg	0.7	25100	17570



شکل ۳- جریان هزینه در تولید انگور

Figure 3- Cost flow of grape production

جدول ۹-تحلیل اقتصادی تولید انگور

Table 9- Economic analysis of grape production

اجزای هزینه و درآمد **Cost and return components**	واحد **Unit**	هزینه‌یابی جریان مواد **MFCA**	حسابداری رایج **Conventional**
ارزش کل تولید Gross value of production	$\$ ha^{-1}$	15009	17570
تولید مثبت Positive	$\$ ha^{-1}$	17570	17570
تولید منفی Negative	$\$ ha^{-1}$	-2560	0
درآمد ناخالص Gross return	$\$ ha^{-1}$	13954	16515
نسبت فایده به هزینه Benefit to cost ratio	–	5.4	6.3

سپاسگزاری

از همه کشـــاورزانی که در جمع آوری اطلاعات مورد نیاز تحقیق همکاری نموده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود. از دانشگاه ملایر در قالب طرح پژوهشـــی در اجرای تحقیق حاضـــر حمایت مالی داشـــته اســـت قدردانی به‌عمل می‌آید.

منابع

1. Afshar, R.K., & Dekamin, M. (2022). Sustainability assessment of corn production in conventional and conservation tillage systems. *Journal of Cleaner Production*, *351*, 131508. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131508
2. Allesch, A., & Brunner, P.H. (2015). Material flow analysis as a decision support tool for waste management: A literature review. *Journal of Industrial Ecology*, *19*(5), 753-764. https://doi.org/10.1111/jiec.12354
3. Arieftiara, D., Theresa, R.M., & Sari, R. (2021). Sustainability in health service industry: The implementation of material flow cost accounting (MFCA) as an eco-efficient analysis. *Journal Southeast Asian Research*, *2021*, 747009.
4. Barros, M.V., Salvador, R., do Prado, G.F., de Francisco, A.C., & Piekarski, C.M. (2021). Circular economy as a driver to sustainable businesses. *Cleaner Environmental Systems*, *2*, 100006.
5. Bierer, A., Götze, U., Meynerts, L., & Sygulla, R. (2015). Integrating life cycle costing and life cycle assessment

using extended material flow cost accounting. *Journal of Cleaner Production*, *108*, 1289-1301. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.036
6. Bux, C., & Amicarelli, V. (2022). Material flow cost accounting (MFCA) to enhance environmental entrepreneurship in the meat sector: Challenges and opportunities. *Journal of Environmental Management*, *313*, 115001. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.115001
7. Bouwman, A.F., Van der Hoek, K.W., & Olivier, J.G.J. (1995). Uncertainties in the global source distribution of nitrous oxide. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, *100*(D2), 2785-2800.
8. Dechampai, D., Homrossukon, S., Wongthatsanekorn, W., & Ekkachai, K. (2021). Applying material flow cost accounting and two-dimensional, irregularly shaped cutting stock problems in the lingerie manufacturing industry. *Applied Sciences*, *11*(7), 3142. https://doi.org/10.3390/app11073142
9. Dekamin, M. (2021). A New Approach to Material and Energy Flow Accounting of Agricultural Systems: A Case Study of Canola in Ardabil Province. *Iranian Journal of Biosystems Engineering*, *51*(4), 757-768. https://doi.org/10.22059/ijbse.2020.298532.665286
10. Dekamin, M., & Barmaki, M. (2019). Implementation of material flow cost accounting (MFCA) in soybean production. *Journal of Cleaner Production*, *210*, 459-465. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.057
11. Dekamin, M., Kheiralipour, K., & Afshar, R. K. (2022). Energy, economic, and environmental assessment of coriander seed production using material flow cost accounting and life cycle assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
12. Dekamin, M., & Barmaki, M. (2018). Selecting the best environmental friendly oilseed crop by using Life Cycle Assessment, water footprint and analytic hierarchy process methods. *Journal of Cleaner Production*, *198*, 1239-1250.
13. Dekamin, M., Barmaki, M., Kanooni, A., & Meshkini, S.R.M. (2018). Cradle to farm gate life cycle assessment of oilseed crops production in Iran. *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, *11*(4), 178-185.
14. Dekamin, M., Barmaki, M., Kanooni, A., & Mosavi, R. (2019). Environmental impact assessment of Soybean cultivation in Ardabil farms. *Journal of Environmental Science and Technology*, *21*(8), 175-184.
15. Dekamin, M. (2017). Environmental Impact Assessment in Aquaculture: Life Cycle Assessment Meta-analysis. *Environmental Researches*, *7*(14), 103-144.
16. Eggleston, H. S., Buendia, L., Miwa, K., Ngara, T., & Tanabe, K. (2006). 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories.
17. Elhami, B., Raini, M.G.N., & Soheili-Fard, F. (2019). Energy and environmental indices through life cycle assessment of raisin production: A case study (Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad Province, Iran). *Renewable Energy*, *141*, 507-515. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.04.034
18. Fakoya, M.B., & van der Poll, H.M. (2013). Integrating ERP and MFCA systems for improved waste-reduction decisions in a brewery in South Africa. *Journal of Cleaner Production*, *40*, 136-140. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2012.09.013
19. Eranki, P.L., El-Shikha, D., Hunsaker, D.J., Bronson, K.F., & Landis, A.E. (2017). A comparative life cycle assessment of flood and drip irrigation for guayule rubber production using experimental field data. *Industrial Crops and Products*, *99*, 97-108.
20. Guinée, J.B. (2002). *Handbook on life cycle assessment: operational guide to the ISO standards* (Vol. 7). Springer Science & Business Media.
21. Hamedani, S.R., Keyhani, A., & Alimardani, R. (2011). Energy use patterns and econometric models of grape production in Hamadan province of Iran. *Energy*, *36*(11), 6345-6351. https://doi.org/10.1016/j.energy.2011.09.041
22. Ho, J.Y., Ng, D.K., Wan, Y.K., & Andiappan, V. (2021). Synthesis of wastewater treatment plant based on minimal waste generation cost: A material flow cost accounting (MFCA) approach. *Process Safety and Environmental Protection*, *148*, 559-578. https://doi.org/10.1016/j.psep.2020.10.013
23. Kheiralipour, K. (2022). *Sustainable Production: Definitions, Aspects, Elements*. 1st Ed., Nova Science Publishers, New York, USA.
24. Kheiralipour, K. (2020). *Environmental Life Cycle Assessment*. 1st Ed., Ilam University Publication. Ilam, Iran.
25. Kheiralipour, K., Rafiee, S., Karimi, M., Nadimi, M., & Paliwal, J. (2023). The environmental impacts of commercial poultry production systems using life cycle assessment: a review. *World's Poultry Science Journal*, https://doi.org/10.1080/00439339.2023.2250326
26. Kokubu, K., & Kitada, H. (2015). Material flow cost accounting and existing management perspectives. *Journal of Cleaner Production*, *108*, 1279-1288. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.08.037
27. Mardani, A., & Taghavifar, H. (2016). An overview on energy inputs and environmental emissions of grape production in West Azerbayjan of Iran. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *54*, 918-924.
28. Marras, S., Masia, S., Duce, P., Spano, D., & Sirca, C. (2015). Carbon footprint assessment on a mature vineyard.

Agricultural and Forest Meteorology, *214*, 350-356. https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.08.270
29. May, N., & Guenther, E. (2020). Shared benefit by Material Flow Cost Accounting in the food supply chain–The case of berry pomace as upcycled by-product of a black currant juice production. *Journal of Cleaner Production*, *245*, 118946. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118946
30. Michael, B. F., & Breggie, v. d. P. (2012). The feasibility of applying material flow cost accounting as an integrative approach to brewery waste-reduction decisions. *African Journal of Business Management*, *6*(35), 9783-9789.
31. Mohseni, P., Borghei, A.M., & Khanali, M. (2018). Coupled life cycle assessment and data envelopment analysis for mitigation of environmental impacts and enhancement of energy efficiency in grape production. *Journal of Cleaner Production*, *197*, 937-947. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.243
32. Nemecek, T., Kägi, T., & Blaser, S. (2007). Life cycle inventories of agricultural production systems. *Final report ecoinvent v2. 0 No*, *15*, 1-360.
33. Nyide, C.J. (2016). Material flow cost accounting as a tool for improved resource efficiency in the hotel sector: A case of emerging market. *Risk governance & control: financial markets & institutions (Online)*.
34. Prashar, A. (2019). Towards sustainable development in industrial small and Medium-sized Enterprises: An energy sustainability approach. *Journal of Cleaner Production*, *235*, 977-996.
35. Rahmani, A., Parashkoohi, M.G., & Zamani, D.M. (2022). Sustainability of environmental impacts and life cycle energy and economic analysis for different methods of grape and olive production. *Energy Reports*, *8*, 2778-2792. https://doi.org/10.1016/j.egyr.2022.01.197
36. Roth, R. L., Sanchez, C. A., & Gardner, B. R. (1995). Growth and yield of mature 'Valencia'oranges converted to pressurized irrigation systems. *Applied Engineering in Agriculture*, *11*(1), 101-105.
37. Sahu, A. K., Padhy, R., Das, D., & Gautam, A. (2021). Improving financial and environmental performance through MFCA: A SME case study. *Journal of Cleaner Production*, *279*, 123751.
38. Sharmasarkar, F.C., Sharmasarkar, S., Miller, S.D., Vance, G.F., & Zhang, R. (2001). Assessment of drip and flood irrigation on water and fertilizer use efficiencies for sugarbeets. *Agricultural Water Management*, *46*(3), 241-251.
39. Standardization, I. O. f. (2011). *Environmental management-Material flow cost accounting-General framework*. ISO. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123751
40. Vázquez-Rowe, I., Villanueva-Rey, P., Iribarren, D., Moreira, M. T., & Feijoo, G. (2012). Joint life cycle assessment and data envelopment analysis of grape production for vinification in the Rías Baixas appellation (NW Spain). *Journal of Cleaner Production*, *27*, 92-102. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.12.039
41. Wagner, B. (2015). A report on the origins of Material Flow Cost Accounting (MFCA) research activities. *Journal of Cleaner Production*, *108*, 1255-1261. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.020